

*А.Я.МОВШОВИЧ, д.т.н., проф. УИПА, г.Харьков;*

*Г.И.ИЩЕНКО, главный инженер ООО «Турбоатом», г.Харьков;*

*Н.К.РЕЗНИЧЕНКО, д.т.н., проф. УИПА, г.Харьков;*

*И.К.КИРИЧЕНКО, д.т.н., проф. УИПА, г.Харьков.*

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ.**

У статті порушені питання вдосконалювання високих технологій, що вимагають розробки й дослідження на сучасному етапі розвитку машинобудування. Показано область їхнього раціонального застосування й шляхи реалізації в діючому виробництві.

The questions of perfection of high-tech are affected in the article, requiring developments and research on the modern stage of development of engineer. A their rational application and way of realization domain is shown in an operating production.

### **Введение**

Обеспечение высоких показателей качества машин поставило перед наукой и производством ряд новых проблем, важнейшими из которых следует считать создание новых совершенных высоких технологий, отвечающих требованиям XXI века.

Современное передовое промышленное производство характеризуется как гибкое рыночно ориентированное. Формируется новое понимание производства будущего: целостное рассмотрение и оптимизация потоков материалов, исключение расточительных затрат ресурсов любого вида, непрерывная оптимизация производства, применение передовых технологий и ориентации на человека, минимизация расходов при эксплуатации готовой продукции.

В связи с этим все большее внимание специалистов привлекают нетрадиционные технологии, которые в отличие от традиционных называют «наукоемкими» (прецизионные, нанотехнологии и др.). Высокими следует считать такие технологии, которые обладают совокупностью основных признаков - наукоемкость, системность, физическое и математическое моделирование с целью структурно-параметрической оптимизации, высокоэффективный рабочий процесс размерной обработки, компьютерная технологическая среда, автоматизация всех этапов разработки и реализации при соответствующем технологическом (оснастка, оборудование, инструмент) и кадровом обеспечении, устойчивость, надежность, экологическая чистота.

Столь же очевидно, что необходимо создавать новые производства «высокой технологии» особенно по тем направлениям и видам продукции, где мы, образно говоря, пока занимаем передовые позиции. По этим

направлениям нам не надо покупать лицензии. А это экономит очень значительные средства, не говоря уже о престиже государства.

**Вопросы требующие решения.** Среди вопросов, требующих исследования, разработки и интенсивного решения опережающими темпами, первоочередными являются следующие: создание быстроперестраиваемых комплексов различного технологического назначения, оснащенных автоматизированной и механизированной технологической оснасткой второго поколения; широкое применение систем автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и интегральных систем управления производством; применение принципиально новых видов материалов, обладающих по сравнению с традиционными материалами высокими физико-механическими свойствами, устойчивостью к износу и изменению геометрической формы; создание и совершенствование промышленной технологии и оборудования для получения широкой номенклатуры высокопрочных, коррозионно-стойких, жаростойких композиционных покрытий на основе вакуумно-плазменного и детонационно-газового методов; широкое применение при конструировании и применении новых видов технологической оснастки композиционных материалов и пластических масс, способных заменить черные и цветные металлы и сплавы и существенно улучшить эксплуатационные свойства, качество и долговечность оснастки; разработка технологий и оборудования с применением высоких давлений и вакуума для формирования и калибровки изделий сложной формы, синтеза инструмента.

Результирующая задача - совершенствование и дальнейшее развитие автоматизированной системы технологической подготовки и контроля производства в области управления предприятием, экономного использования материалов и решения производственных заданий.

Основными компонентами данного комплекса является:

гибкие системы проектирования, изготовления и сборки, управляемые ЭВМ; высокоэффективные рабочие процессы; широкая кооперация и поставка деталей строго по графику; системы снабжения и обеспечения производственных процессов; компьютерные автоматизированные системы (CAD- проектирование; CAP -планирование; CAM - производство; CAO - обеспечение качества; САА - сборки).

Наиболее перспективным путем повышения производительности труда на стадии технологической подготовки производства является автоматизация на базе широкого использования средств вычислительной техники. При этом необходимо работать над разработкой единого математического и программного обеспечения, автоматизированных систем проектирования, технологической подготовки, планирования и организации производства. Говоря об экономической стороне автоматизации необходимо подчеркнуть, что только комплексная автоматизация дает возможность создания структуры промышленного предприятия, отвечающую требованиям эффективного использования прогрессивного оборудования. [2].

Изнашивание, усталость, пластическая деформация, коррозия и другие явления, возникающие в результате работы деталей машин, вызывают их остановку и требуют проведения ремонтных и регулировочных работ. Достаточно сказать, что только на ремонт металлорежущего оборудования ежегодно тратятся средства, сопоставимые с затратами на выпуск новых станков. В результате коррозии в ржавчину превращаются сотни тысяч тонн металла.

Надежность работы машин непосредственно связана с качеством поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная и жаростойкость, сопротивление контактной усталости и др.

Оптимальная поверхность должна быть достаточно твердой, иметь остаточные сжимающие напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности. Физико-механические параметры поверхности достигаются нанесением на них соответствующих покрытий вакуумно-плазменным, детонационно-газовым, лазерным и др. методами.

В зависимости от назначения изделия, условий его работы, материала и теплостойкости должен быть решен комплекс задач по выбору состава и конструкции покрытия, оптимизации параметров его нанесения. Так при упрочнении режущего инструмента наибольшее распространение получили покрытия на основе соединений титана - нитрид титана (NiN), карбид титана (TiC), карбонитрид-титана (TiCN). Такие покрытия, хотя и повышают стойкость режущих инструментов, однако, позволяют решить задачу увеличения работоспособности лишь частично, так как эффективны при обработке легированных конструкционных сталей. При резании высокопрочных сталей и сплавов инструментом с покрытием на основе титана существенного увеличения стойкости не наблюдается.

Пластические деформации в зонах стружкообразования сильно зависят от сопротивления сдвига на участке пластического контакта. Именно на этом участке наиболее активно реализуются диффузионные процессы между инструментальными и обрабатываемыми материалами, которые и влияют на сопротивляемость срезанного слоя пластическому сдвигу.

В частности, при насыщении локальных объемов обрабатываемого материала в зоне пластического контакта легирующими элементами из инструментального материала сопротивление сдвига будет возрастать. Это обязательно приведет к росту коэффициента деформации и сил резания. Если покрытие, наряду с высокой теплостойкостью, химически инертно к обрабатываемому материалу, то оно выполняет роль активного барьера, сдерживающего диффузию атомов инструментального материала в обрабатываемый (сходящую стружку).

В этом случае сопротивление пластическому сдвигу на участке пластического контакта снижается. Это приводит к уменьшению коэффициентов деформации и сил резания.

В связи с этим, для эффективной обработки трудно обрабатываемых материалов разработан ряд покрытий для режущих инструментов применительно к определенным группам жаропрочных и высоколегированных сталей и сплавов. Эффективные покрытия: для жаропрочных деформируемых сплавов и высоколегированных сталей - композиционное покрытие нитридов титан-хром (Ti/CrN), состоящее из 30% хрома и 70% титана (по массе); для хромистых нержавеющей и хромо-никелиевых сталей и сплавов - композиционное покрытие нитридов цирконий-гафний (Zr/Hf-N), состоящее из 80% циркония и 20% гафния (по массе); для титановых сплавов - нитрид циркония (ZrN).

Нанесение этих покрытий на рекомендуемый справочной литературой режущий инструмент позволяет увеличить его стойкость в 1,6-2 раза. Технологический процесс нанесения вакуумно-плазменных покрытий является многопараметрическим. Каждый из параметров или их сочетание оказывает влияние на фазовый состав, структуру и свойства покрытия. Изменение только одного параметра - давление в вакуумной камере - позволяет получить многослойную конструкцию покрытия с чередующимися по твердости слоями ( $a.Me + a.Me \rightarrow y.Me + y.Me$ ). Режущий инструмент с 4-6 такими слоями обладает достаточной пластичностью и эффективен при работе с ударными нагрузками и при прерывистом резании. Получение покрытий с различными свойствами позволяет разрабатывать улучшенные конструкции деталей машин, при этом работоспособность узлов, в которые они входят, значительно повышается. Так, предложенная технология нанесения покрытия нитрида молибдена на кулак шарнира, а на сопрягаемый упор - нитрида титана, позволила снизить трение в 3 раза, увеличить чувствительность механизма в 3-4 раза и повысить общую долговечность работы механизма парораспределения турбины с 10 месяцев до 4 лет при работе в среде с температурой 260°C.

Вакуумная технология способна также решать задачи, которые не под силу другим процессам. Для производства головок наведения управляемых аппаратов требуется коэффициент отражения сферической поверхности магнита из сплава ЮНДК-24 не менее 0,9 при работе с термоударами от +60°C до -180°C. Разработанный технологический процесс нанесения многослойного покрытия Zr+ZrN общей толщиной 0,4 мкм обеспечивает стабильное получение коэффициента отражения 0,92.

Свойства бомбардировки ионами низких энергий (до 2 кэВ) очищать поверхность от окисных пленок, вскрывать структурные дефекты в поверхностном слое, а также осуществлять интенсивный нагрев поверхности могут быть использованы для создания экологически чистых технологий взамен химико-термических процессов (цианирование, азотирование) и нанесения гальванических покрытий, применяемых для улучшения

эксплуатационных характеристик деталей из низкоуглеродистых сталей типа 08КП, 10, 20. [3].

Все большее распространение получает использование вакуумно-плазменных технологий при нанесении защитно-декоративных покрытий на товары народного потребления из нержавеющей стали, нейзельбера, стекла, керамики, фосфора. Изделия при этом приобретают желаемую цветовую гамму, которая зависит как от состава реактивного газа, так и от толщины покрытия.

Повышение надежности и работоспособности наиболее ответственных и тяжело нагруженных деталей машин, работающих в условиях длительного трения, эрозионного воздействия, значительных механических и тепловых нагрузок, определяющих в связи с этим ресурс изделия, достигается методом детонационно-газового упрочнения путем нанесения на рабочие поверхности деталей упрочняющих и защитных покрытий импульсным высокоэнергетическим напылением порошкообразного материала с заданными технологическими характеристиками.

Такие установки в настоящее время разрабатываются и изготавливаются в Харьковском научно-исследовательском институте технологии машиностроения (ХНИИТМ) и в Национальном аэрокосмическом университете (ХАИ).

В настоящее время разработана КЩ и широко внедрена технология получения на рабочих поверхностях деталей эксплуатационного слоя с физико-механическими характеристиками, обеспечивающими оптимальные условия промышленной эксплуатации изделий. Основными преимуществами метода детонационно-газового напыления в сравнении с другими методами газо-термического высокотемпературного напыления (электродуговая металлизация, газопламенное и плазменное напыление) являются: возможность нанесения покрытий на холодную деталь (без необходимости предварительного, сопутствующего либо последующего ее нагрева); высокая прочность сцепления (когезия) покрытия с материалом детали (до 250 МПа);

- незначительный нагрев детали при напылении (до 200°C), что позволяет наносить покрытия на окончательно обработанные детали; возможность нанесения чрезвычайно широкого круга материалов (металлов и сплавов, различных видов керамики - оксидов, карбидов и т.д., металлокерамики, а также их смесей).

Эффективность применения детонационных покрытий связана, прежде всего, с повышением срока службы упрочненных деталей. Причем, увеличение затрат на их изготовление значительно ниже по сравнению с экономией от увеличения срока их службы. Кроме того, детонационное напыление в целом ряде случаев позволяет заменить дорогостоящие стали и цветные металлы на более дешевые недефицитные материалы за счет придания необходимых эксплуатационных свойств только рабочим поверхностям, непосредственно подверженным влиянию неблагоприятных факторов, вместо упрочнения детали в целом. Все вместе это обуславливает

получение значительной экономии материальных и энергетических ресурсов, а также улучшение экологической ситуации.

С помощью широко применяемых технологий окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка) создается необходимая форма поверхности с заданной точностью. Однако в ряде случаев традиционные технологии не обеспечивают оптимальное качество и точность рабочих поверхностей.

В этих случаях целесообразно использовать технологии поверхностного пластического деформирования (обкатывание и раскатывание шаровым и роликовым инструментом, алмазное выглаживание, ударная обработка специальным инструментом).

В результате упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость, работающих при переменных нагрузках в 1,5-2 раза.

Другим перспективным направлением при изготовлении и ремонте деталей является отделочно-зачистная обработка и одна из ее разновидностей виброобработка. Широкие технологические возможности этого метода в сочетании с высокой производительностью на очистных, доделочных, шлифовально-полировальных и упрочняющих операциях поставили его в число наиболее приемлемых и перспективных способов обработки деталей.

Работа виброустановок основана на принципе неуравновешенного момента, создаваемого при помощи грузов, закрепленных на концах вала вибратора. Механические колебания рабочей среды и обрабатываемых деталей при этом составляют 20-50 Гц с амплитудой от 1 до 10 мм.

В зависимости от назначения технологической операции, материала детали и способа ведения процесса, состав рабочей среды может быть: твердых абразивов, неабразивных материалов, жидких наполнителей в виде водных растворов с различного рода добавками (моющие, разделяющие, травящие, пассивирующие и др.). На виброустановках обрабатывается широкая номенклатура деталей (крепеж, корпуса, соединительная арматура, валики, лопатки и др.).

Особый интерес представляет дальнейшее развитие и широкое применение технологии быстрого изготовления заготовок деталей, получаемых точным литьем в оболочковые формы на базе систем быстрого прототипирования.

Система быстрого прототипирования позволяет получать физическую копию трехмерной компьютерной модели детали любой сложности, запроектированной с помощью различных систем САПР. В основе этой технологии лежит процесс выращивания физической копии компьютерной модели последовательно отверждением полимерной жидкости (метод стереолитографии) или из слоев ламинированной бумаги, фольги путем ее послойного раскроя лучом лазера с последующим термопрессованием слоев (метод тонких пленок). При использовании традиционной технологии нужны две металлические пресс-формы: модельная и стержневая, очень дорогостоящие и трудоемкие. Применение же систем быстрого

прототипирования позволяют сократить до 70% время и трудоемкость создания прототипа изделия; создается полная индивидуализация прототипа, а сам технологический процесс является экологически чистым и безотходным.

Технологическая ниша данных технологий - изготовление опытных образцов и первых комплектов деталей, отработка конструктивных вариантов изделий сложной формы.

Такие технологии в настоящее время нашли широкое применение на Запорожском предприятии «Мотор-Сич» и в Харьковском национальном техническом университете (ХПИ) на кафедре интегрированных технологий проф. Грабченко А.И. Размерная обработка является определяющей в цепочке технологических переделов, так как она в основном обеспечивает реализацию замысла конструктора по созданию деталей с заданными служебными свойствами. Кроме этого, совершенствование технологии размерной обработки, на долю которой приходится не менее 40% общей трудоемкости изготовления машин (около 80% их деталей подвергаются размерной обработке), определяет технический прогресс в машиностроении.

Основные направления развития технологии размерной обработки, учитывающие как организационные технические факторы, так и рабочие процессы размерной обработки:

- разработка новых принципов организации технологии, дающих возможность управлять ее параметрами и структурой в цикле проектирования и изготовления;
- интенсификация и повышение качества за счет новейших и синтеза существующих рабочих процессов;
- создание новых прогрессивных средств технологического оснащения (оборудование, оснастка, инструмент), в том числе гибких модулей, РКП.

Основные направления развития обработки резанием связаны с ее интенсификацией за счет новейших и синтеза существующих методов обработки. Основная тенденция - смещение технологических показателей в размерной обработке в направлении более высокой степени точности и качества в результате изменения соотношения отдельных видов обработки. Уменьшается объем токарной обработки за счет внедрения абразивной обработки, увеличивается доля прецизионного шлифования и, напротив, внедрение лезвийной обработки сверхтвердыми материалами может вытеснить абразивную обработку.

В то же время, лезвийная обработка будет использовать методы сверхскоростного резания, позволяющего повысить скорости и подачи в несколько раз по сравнению с существующими на сегодняшний день.

Соответственно, новый уровень финишной обработки, может быть достигнут на основе развития триботехнологии. Триботехнология финишной обработки обеспечивает создание практически безизносных пар трения за счет комбинированного воздействия алмазно-абразивного, деформирующего и антифрикционного инструмента, обеспечивающего управление как

геометрическими, так и физико-химическими параметрами поверхности. При этом обеспечивается повышение ресурса пар трения в 3-10 раз.

В области ЭХО, ЭФО и комбинированных методов обработки можно отметить следующие основные тенденции развития: более широкое использование комбинированных методов шлифования на основе использования традиционных методов, ЭЭ и ЭХ методов обработки, эрозионно-химической обработки, совмещение ультразвуковой и ЭЭ обработки; применение плазменно-механической обработки, обеспечивающей повышение производительности в 1,2-10 раз и стойкости режущего инструмента в 2-5 раз.

При обработке ювенильных (сверхгладких и сверхчистых) поверхностей деталей с субмикронной точностью применяются методы нанотехнологии, базирующейся на принципиально новых физико-химических процессах размерной обработки, обеспечивающих шероховатость в тысячных долях мкм.

В области технологической оснащенности перспективы технического совершенствования автоматизированных производств требуют создания гибких средств технологического оснащения. Материальной базой в данном случае является система переналаживаемой технологической оснастки (НТО)[1].

Рассматривая перспективы теории и практики размерной обработки следует считать, что их теоретическими основами являются последние достижения фундаментальных наук, которые дают возможность применять для изготовления машин все многообразие возможных физико-химических явлений; особо эффективны разработки по созданию комбинированных методов обработки, использующих последовательное или одновременное воздействие ряда механических, электрических, магнитных процессов.

В ряде изделий применяются сложнорельефные детали из высокопрочных и трудно деформируемых материалов и сплавов, изготавливаемые методами глубокой вытяжки и рельефной формовки в несколько переходов с последующим выполнением различных разделительных операций: вырубки, пробивки, обрезки по контуру и т.д. Изготовление комплектов крупногабаритных штампов для производства этих деталей связано с большими техническими трудностями, а в ряде случаев экономически нецелесообразно. Время их изготовления может составлять от 8 месяцев до 1 года, что совершенно не соответствует быстрой сменяемости объектов производства.

В настоящее время при производстве сложнопрофильных деталей все шире применяются высокоэнергетические методы штамповки, наиболее перспективным из которых является метод ударной импульсной штамповки, осуществляемый с энергией до 40 кДж. Отличительной особенностью метода является осуществление деформирования материала импульсом высокого давления. Дальнейшее развитие и широкое внедрение данного метода



сдерживается из-за отсутствия технологического оборудования большой мощности.

Наиболее перспективными направлениями в области технологии и оборудования для ударной импульсной штамповки являются: разработка гидроударного и пневмоударного оборудования с энергией импульса 75-100 кДж, работающего в автоматическом и полуавтоматическом режиме (габаритные размеры штампуемых деталей 750х1000 мм); разработка технологии получения сложно профильных деталей за один переход в одной матрице с доведением толщины штампуемого металла для трудно деформируемых малопластичных материалов до 3,0 мм, а легированных – до 6,0 мм; интенсификация процессов ударной импульсной штамповки за счет использования пластифицирующих покрытий; расширение номенклатуры деталей, штампуемых полиуретаном на ударном оборудовании.

Применение метода ударной импульсной штамповки позволит сократить сроки технологической подготовки производства за счет простоты и дешевизны штамповой оснастки в 2-3 раза, уменьшить стоимость и количество необходимых штампов в 3-5 раз, снизить их металлоемкость на 50-80%.

Путем реализации предложенных решений предусматривается радикально повысить технический и технологический уровень производства, существенно повысить надежность и долговечность деталей машин и оборудования, снизить металлоемкость и трудоемкость изготовления технологической оснастки, обеспечить экономию конструкционных, быстрорежущих и инструментальных сталей, сократить сроки технологической подготовки производства, создать технологические заделы для разработки техники нового поколения [2].

**Выводы.** Для реализации указанных выше направлений целесообразно создать на базе существующих промышленных предприятий и научно-исследовательских институтов бизнес-инновационные центры высоких технологий.

Они могут включать в себя «мозговые» центры научных подразделений, сеть совместных и малых предприятий по реализации научной и промышленной продукции, системы, обеспечивающей материально-техническое снабжение и финансирование проводимых мероприятий, выставочные комплексы. В дальнейшем эти структуры могут стать составной частью технопарков региона.

**Список литературы:** 1. Мовшович А.Я., Жолткевич Н.Д., Горбулин В.П., др. Обратимая технологическая оснастка для ГПС. К.: Техника, 1992.- 216 стр. 2. Мовшович А.Я., Жолткевич Н.Д. Основные тенденции развития высоких технологий в машиностроении. Вестник национального технического университета «ХПИ». Х.: НТУ «ХПИ», вып.11.- 2001, с.3-13. 3. Мовшович А.Я., Горелик Б.В. К вопросу влияния ионной бомбардировки на механические свойства стали. Вестник национального технического университета «ХПИ». Х.: НТУ «ХПИ», вып.27.- 2008, с.42-47.

*Поступила в редколлегию 20.09.2010*